



جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱۳۹۹، دوره ۲، شماره ۴، پیاپی ۸

## پهنه بندی مناطق مستعد سیل خیزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان کامیاران)

سامان جواهری<sup>۱\*</sup>

<sup>۱\*</sup> - نویسنده مسئول، کارشناس ارشد رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه سنجش از دور و سیستم

اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

*samanjavaheri71@gmail.com*

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۷

### چکیده

سیل یکی از مهم ترین و پیچیده ترین بلایای طبیعی می باشد که بیشترین فراوانی را نیز به خود اختصاص داده است. امروزه رشد بی رویه جمعیت، تسطیح زمین و اشغال حریم رودخانه ها و مسیل ها در کنار عوامل اقلیمی و فیزیوگرافی در شهرهای بزرگ سبب گسترش سیلاب های شهری شده است. هدف از این تحقیق پهنه بندی مناطق مستعد سیل خیزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای حوضه شهرستان کامیاران می باشد. برای پهنه بندی خطر سیلاب از ۸ معیار تاثیرگذار بنابر توصیه و راهنمایی های کارشناسان اداره منابع طبیعی و هواشناسی شهرستان شامل فاصله از رودخانه ها، فاصله از دریاچه، کاربری اراضی، ارتفاع منطقه، شیب منطقه، بارندگی، دما، فاصله از راه های اصلی استفاده شد. با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) لایه های اطلاعاتی موجود در نرم افزار *Expert Choise* وزن دهی شده و سپس با استفاده مقایسه زوجی دو به دو مقایسه شدند. در نهایت بعد از تلفیق لایه ها در نرم افزار *Arc Map* مدل نهایی پهنه بندی مناطق مستعد سیل خیزی شهرستان در پنج طبقه از مناطق خیلی پرخطر تا مناطق خیلی کم خطر طبقه بندی شدند. نتایج تحقیق نشان داد از کل مساحت شهرستان را حدود ۱۲,۷ درصد مناطق خیلی پرخطر و حدود ۱۵,۲ درصد مناطق خطرناک در بر گرفته است که عمدتاً بخش های مرکزی و شمالی شهرستان (حاشیه رودخانه گاوورود) را شامل شد و این مناطق را برای سیل خیزی مهیا و در حالت هشدار قرار داده است.

واژه های کلیدی: پهنه بندی، سیل، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل AHP

سیل به حجم عظیمی از آب اطلاق می شود که بیش از دبی متعارف رودخانه باشد. در کشور ما وقوع سیلاب بیش از آن که ناشی از بارش های تند باشد در رابطه با برهم خوردن تعادل طبیعی و شرایط جغرافیایی و فیزیولوژیکی می باشد (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۲، ۷۱-۸۴). سیل یکی از بلاهای طبیعی است که اغلب مناطق کشور را تحت تاثیر قرار داده و موجب وارد آمدن خسارات می گردد. گزارشات برنامه عمرانی سازمان ملل حاکی از آن است که سیل، زلزله و خشکسالی بالاترین خسارت مالی و جانی به همراه دارد (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۸، ۲۱). بررسی آمار و اطلاعات سیل های ایران از سال ۱۳۰۰ نشان می دهد که تعداد سیل ها همواره سیری صعودی داشته که این امر ناشی از ایجاد اختلال و بهم خوردن تعادل هیدرولوژیکی حوضه های آبخیز کشور می باشد (احمدزاده و همکاران، ۱۳۹۴، ۱-۲۴). گسترش شهرها در حاشیه رودها، روی مخروط افکنه ها، سواحل کم ارتفاع، دلتاها و مناطق پایین دست سدهای ذخیره ای، منجر به افزایش میزان آسیب پذیری جوامع شهری در برابر خطر سیلاب می گردد. بر اساس مطالعات انجام شده در این خصوص، گسترش شهرها در حوضه آبریز به دلیل افزایش سطوح نفوذ ناپذیر، منجر به افزایش حجم رواناب و سیلاب، کاهش زمان تمرکز، افزایش حداکثری لحظه ای و تغییر کیفیت سیلاب می گردد (حسین زاده و جهادی طرقی، ۱۳۸۶، ۱۴۵-۱۵۹).

مجموعه عواملی در طبیعت هستند که باعث می شوند جریان رودخانه از آن حالت طبیعی و تعادل خود خارج شده و به یک عامل مخرب تبدیل شود. از مهم ترین آنها تبدیل اراضی، تخریب پوشش گیاهی، درجه اشباع شدن خاک، تجاوز به حریم رودخانه ها، شدت بارندگی، شیب و نفوذپذیری حوضه می باشد (Esmail, 2011, 81-88). در مواقعی که رودخانه نتواند رواناب تولید شده در حوضه را به خوبی انتقال دهد؛ شرایطی پیش می آید؛ که آب به زمین های پیرامونی سرریز می شود و سیل رخ می دهد. هر قسمتی از حوضه پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل دارد. روش های متعددی برای تهیه نقشه پهنه بندی سیلاب ارائه شده که از آن جمله می توان به روش های استفاده از داغاب سیلاب، مقایسه عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای و تکنیک های سنجش از دور، استفاده از مدل های ریاضی و تصمیم ساز اشاره کرد (Tehrany et al, 2013, 69-79).

تعیین حریم بستر از لحاظ فنی و حقوقی در کشور بسیار پراهمیت و پیچیده است. یکی از مهم ترین کاربردهای نقشه های پهنه بندی سیل، تعیین حدود گذرگاه سیل و اراضی سیل گیر حاشیه است، خصوصاً آن که این اراضی از یک سو به علت دسترسی به منابع آبی بسیار پرارزش بوده و از سوی دیگر به علت مجاورت با رودخانه در معرض خطر سیل و طغیان رودخانه می باشند (Watanabe و Kawahara, ۲۰۱۶، ۳۲۵-۳۱۷). برای پیشگیری و مهار سیلاب باید در درجه اول مناطقی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند، تعیین و سپس عوامل تولید و ایجاد سیل

شناسایی شوند. در بروز و یا تشدید سیلاب عوامل متعددی دخالت دارند. این عوامل را می توان در حوزه آبخیز و رودخانه مورد بررسی قرارداد. به طور کلی دو دسته از عوامل اقلیمی و حوضه ای در ایجاد سیلاب ها نقش دارند. منشأ بسیاری از سیلاب ها به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک رگبارهای با شدت زیاد و تداوم نسبتاً کوتاه است. بنابراین، در بررسی رگبارها باید به تداوم، شدت و توزیع زمانی و مکانی آن ها در بروز سیل توجه شود. (Kheyrizadeh et al, 2012, 39-56). امروزه استفاده از علوم جدید به ویژه تکنیک سنجش ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به برنامه ریزان کمک می نماید تا ارزیابی سریعی از پتانسیل خطرات طبیعی از جمله سیل را در حداقل زمان داشته باشند (نسرین نژاد و همکاران، ۱۳۹۳، ۱۵-۳۴). همین امر می تواند کمک بزرگی در جهت ارزیابی منطقه از لحاظ ریسک پذیری نسبت به عوامل مختلف از جمله تخریب و تغییر کاربری اراضی (قطع درختان جنگلی و تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی) وضعیت بارندگی منطقه، نفوذپذیری خاک، تعیین حریم و بستر مناسب برای رودخانه ها، احداث سیل بند جهت مهار رواناب ها و سیلاب های رگباری را بسنجند و بهترین راهکارهای لازم را در مقابله با این بلای طبیعی اتخاذ نمایند (غلامی و احمدی، ۱۳۹۸، ۱۰۱-۱۱۴). در زمینه پهنه بندی سیلاب تحقیقات مختلف داخلی و خارجی صورت گرفته که در ادامه به تعدادی از این تحقیقات پرداخته می شود.

زینی و همکاران در سال ۱۳۸۵ در مطالعه خود با عنوان پهنه بندی سیل با به کارگیری نرم افزار *HEC-RAS* در دشت سیلابی بیلاخور بروجرد نقشه های پهنه سیل گیر با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰، پروفیل سطح آب و مشخصات جریان در بازه ها و دوره های بازگشت های مختلف را استخراج نمود و نتایج این تحقیق نشان داد که در صورت در نظر گرفتن محدودیت های نرم افزار فوق و رفع محدودیت های آن با روش های مختلف، نقشه های حاصله از دقت و صحت بالایی برخوردار خواهند بود. امیر احمدی و همکاران در سال ۱۳۸۸ با استفاده از روش شبیه سازی هیدرولوژیکی *HEC-HMS* سیلاب را در دشت کرون مورد بررسی قرار داده اند. نتایج نشان می دهد که مشارکت زیر حوضه ها در سیل خروجی لزوماً متناسب با دبی اوج زیر حوضه نمی باشد. حسین زاده و جهادی در سال ۱۳۸۶ در تحقیقی تاثیر گسترش شهر مشهد را بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب های شهری مطالعه کرده اند و به این نتیجه رسیدند که گسترش شهر به طور مستقیم و غیر مستقیم موجب تشدید سیل خیزی در این شهر گردیده است. قنوتی و همکاران در سال ۱۳۹۰ پهنه های سیل خیز حوضه فرحزاد تهران را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مشخص نمودند. صفاری و همکاران در سال ۱۳۹۰ به ارزیابی آسیب پذیری منطقه ۳ تهران در برابر خطر سیل با استفاده از *GIS* و منطق فازی پرداختند. نتایج نشان می دهد که منطقه ۳ مستعد خطرات ناشی از سیل است و بیش از ۱۲ درصد از منطقه مورد مطالعه کاملاً آسیب پذیر است. نظافتی نمین و خوش ولد در سال ۱۳۹۵ در تحقیقی به بررسی ویژگی های سیلاب های شهری یالخلوچای اردبیل با دوره های بازگشت مختلف

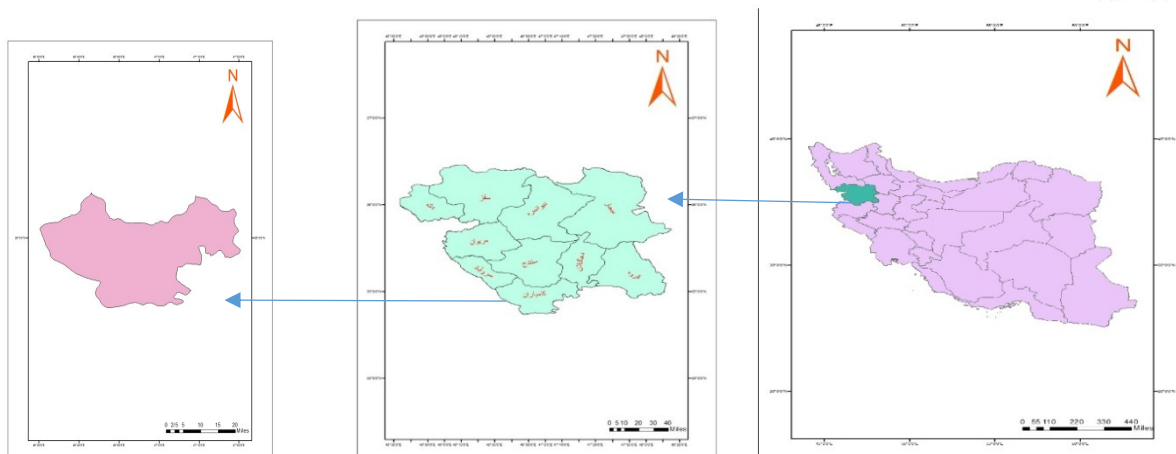
پرداختند. نتایج تحقیقشان نشان داد که سیلاب حتی با دوره برگشت ۱۰ ساله می تواند در بخش های وسیعی از اردبیل، باعث بروز خسارت شود. همچنین با استفاده از نتایج این تحقیق می توان مدیریت سیلاب را در نقاط پرخطر این مسیل اعمال نمود. موسوی و همکاران در سال ۱۳۹۵ در پژوهشی با استفاده از منطق فازی *Topsis* در محیط *GIS* خطر سیل خیزی در حوزه آبخیز باغملک را مورد ارزیابی و پهنه بندی قرار دادند. در این تحقیق عوامل موثر در ایجاد سیلاب شامل بارش، ارتفاع، شیب، جهت شیب، سازند، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی را مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ۸۶،۱۷ درصد از محدوده در طبقه با خطر بسیار بالا و ۱۵،۲۴ درصد پهنه در طبقه با خطر بالا قرار دارد. *Su, w* و همکاران در سال ۲۰۱۴ در مقاله ای به تاثیر الگوهای استفاده از زمین و به طور خاص الگوی پراکندگی شهری بر افزایش سیلاب در مناطق جدید شهری کشور چین پرداخته اند. بر اساس نتایج تحقیق، رویکرد دولت محلی به برنامه ریزی بخش جدید از نظر مقررات منطقه بندی، تنها برخی جنبه های توسعه را در نظر گرفته و برای مدیریت یکپارچه سیل کافی نیست. *Fernández* و *Lutza* در سال ۲۰۱۰ با استفاده از *GIS* و سیستم های تصمیم گیری چند معیاره، به ارزیابی خطر سیلاب در شهرهای یربابوانا و توکومان در کشور آرژانتین پرداختند. نقشه خطر سیلاب شهری نشان می دهد که قسمت جنوب شرقی شهر مورد مطالعه، دارای بالاترین خطر سیل خیزی با شیب ۶ درصد و وجود کانال های جریان های شهری با برنامه ضعیف و نگه داری می باشد. در این منطقه چندین محله وجود دارد که دارای خطر آب گرفتگی ناشی از وقوع سیل می باشد. *Huang* در سال ۲۰۱۴ در پژوهشی به بررسی مدیریت سیلاب و طراحی شبکه های زهکش و مسیل های شهری در شهر اسناکوالمی در ایالت واشنگتن در ایالات متحده آمریکا پرداخته است. طراحی مدیریت جامع سیلاب بعد از تحلیل نقشه های تاریخی، نقشه های منطقه بندی، داده های مربوط به خطر سیل و داده های هیدرولوژیکی از جمله پیشنهاد های این تحقیق می باشد. *Tehrany* و همکاران در سال ۲۰۱۴ به شناسایی نقاط سیل گیر بر اساس وقوع سیل های گذشته و پارامترهای موثر بر وقوع آن ها با استفاده از روشهای ترکیبی مانند درخت تصمیم گیری، رگرسیون لجستیک و ماشین بردار پشتیبان پرداختند. نتایج تحقیق آنها حاکی از آن بود که روشهای وزن معیارها (*WoE*) و توابع پایه شعاعی ماشین بردار (*RBF-SVM*) با بیشترین صحت (به ترتیب دارای سطح زیرمنحنی یا *AUC* ۹۶،۴۸ و ۹۵،۶۷ درصد) در ارزیابی پتانسیل سیل، به عنوان روش های برگزیده در منطقه انتخاب شدند. *Sharma* و همکاران در سال ۲۰۱۱ با استفاده از سنجش از دور و مدل فازی به بررسی سیل شرق گجرات در هند پرداختند و با مقایسه تصاویر ماهواره ای سال های قبل و بعد از دوره جاری شدن سیل و نتایج حاصل از فازی نتیجه گرفتند تغییرات پوشش زمین سبب وقوع سیل در منطقه بوده است.

## مواد و روش ها

## منطقه مورد مطالعه

شهرستان کامیاران، یکی از شهرستان‌های استان کردستان می باشد که در شمال غرب کشور و در جنوب استان کردستان قرار گرفته است که از سمت شمال با شهرستان سنندج، از سمت غرب با شهرستان سروآباد، از سمت جنوب با استان کرمانشاه و از سمت شرق با شهرستان دهگلان هم مرز می باشد. متوسط ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۴۴۰ متر می باشد و در موقعیت جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۹۴ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. اقلیم منطقه دارای آب و هوای معتدل کوهستانی بوده و از بارندگی سالیانه ۴۰۰-۶۰۰ میلی متر برخوردار می باشد. توزیع زمانی بارندگی در ماه های مختلف سال متفاوت است به طوری که، حداکثر نزولات آسمانی از اواسط مهرماه ماه شروع شده و تا اواسط اردیبهشت سال بعد ادامه دارد. مساحت کل شهرستان ۲۰۵۵۳۷ هکتار می باشد. میانگین درجه حرارت در فصل تابستان ۲۶ درجه و در زمستان ۴ درجه ی سلسیوس است. ( اداره منابع طبیعی شهرستان، ۱۳۹۸). از لحاظ پوشش گیاهی، اکثر مناطق شهرستان دارای مراتع غنی بوده و بخش های غربی دارای جنگل های نسبتاً انبوه بلوط در ارتفاعات شاهو می باشد که وضعیت اکولوژیک منطقه را در وضعیت خوبی قرار داده است.

شهرستان کامیاران به دلیل وجود کوه های بلند شاهو و اورامانات و رطوبت ابرهای بارانزای مدیترانه، دارای رودخانه های فصلی و دائمی زیادی است. دو رودخانه اصلی آن یکی رودخانه گاوورود که از شهر سنندج وارد حوضه شهرستان شده و تا شهر کرمانشاه ادامه دارد، دیگر رودخانه دائمی شهرستان رودخانه سیروان بوده که آب آن از دل کوه های شاهو منشا گرفته و تا کشور عراق ادامه دارد. در کنار این دو رودخانه دو سد مخزنی وجود دارد. سد مخزنی بزرگ گاوشان که در امتداد رودخانه گاوورود در قسمت مرکزی و تا حدودی شمالی شهرستان واقع شده که علاوه بر فراهم کردن آب بخش کشاورزی و مصرف شهری شهرستان، آب بخشی از شهر کرمانشاه را نیز تعمین می کند. در سال هایی که میانگین بارندگی زیاد باشد آب سد سرریز کرده و به آب پایین دست سد به داخل رودخانه اضافه شده و شرایط را برای سیلاب های رودخانه ای فراهم نموده به طوری که در سالیان گذشته مناطق بسیار زیادی در اطراف این رودخانه شامل زمین های کشاورزی و روستای های مجاور رودخانه درگیر این سیلاب ها بوده و خسارت زیادی در بخش کشاورزی متحمل شده اند. سد زیویه در امتداد رودخانه سیروان در بخش غربی شهرستان واقع شده و حجم کم تری نسبت به سد گاوشان داشته اما با این وجود ساکنان این منطقه نیز در خطر سیلاب های احتمالی راه گریزی ندارند (اداره منابع طبیعی شهرستان، ۱۳۹۸).



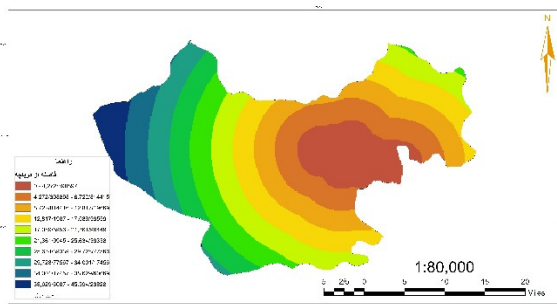
شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

### انتخاب پارامترهای موثر در تهیه نقشه های پهنه بندی سیل

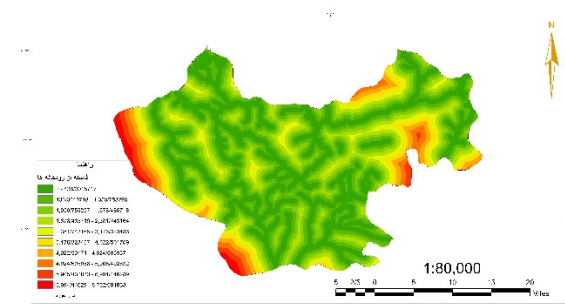
عوامل زیادی از جمله بارندگی، کاربری اراضی، شیب زمین، خاک شناسی و غیره بر وقوع سیل در حوزه های آبخیز تأثیر گذارند (Greenwood et al, 2014, 344-365). در این تحقیق بر اساس نظریات کارشناسان اداره منابع طبیعی و هواشناسی شهرستان چند عامل تأثیر گذار در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. این عوامل شامل: عامل فاصله از رودخانه: قطعا یکی از تأثیرگذارترین عوامل در وقوع سیل عامل فاصله از رودخانه می باشد. اگر فاصله از رودخانه مناسب باشد و تعیین بستر مناسب اتخاذ شود به طوری که بستر رودخانه وسیع باشد و زمین های کشاورزی و روستاها در فاصله دورتری نسبت به حریم رودخانه واقع شوند هرچند هم رودخانه طغیان کند خطر احتمال زیر آب رفتن این مناطق کمتر می شود. عامل فاصله از سد و دریاچه: دیگر عامل تعیین کننده در کاهش خطر وقوع سیلاب های بهاری عامل فاصله از سد و دریاچه حوضه می باشد به طوری که زمین های کشاورزی و روستاهای اطراف در فاصله مناسبی از سد قرار بگیرند. عامل کاربری اراضی: کاربری اراضی جزء عوامل تأثیر گذار در کنترل سیلاب است به طوری که مناطقی که دارای پوشش جنگلی و مرتعی مناسب باشند می تواند هر گونه سیلابی را کنترل و مهار کند. بالطبع مناطق با کاربری کشاورزی و زمین های فاقد پوشش در خطر وقوع سیلاب بیشتری هستند. عامل فاصله از راه ها: هرچند از راه های اصلی و فرعی دورتر می شویم سیلاب قدرت کمتری داشته و نمی تواند آن چنان تمام نیروی خود را به کار بگیرد اما باید در نظر داشت که فاصله دورتر هم کنترل سخت تری خواهد داشت. عامل ارتفاع منطقه: هر چقدر ارتفاع منطقه بیشتر باشد و پستی بلندی های زیادی داشته باشد قطعا خطر وقوع سیلاب نسبت به مناطق هموار و دشتی کم تر می باشد. عامل شیب: معمولا شیب های تند نسبت به شیب های کم، خطر وقوع سیلاب در آن ها کم تر است. عامل بارندگی: مناطقی که بارندگی بیشتر از

متوسط بارندگی منطقه دارند و شکل بارش ها بیشتر رگباری و کوتاه مدت باشد قطعا خطر سیلاب بیشتری دارند. عامل دما: هر چه منطقه دما و درجه حرارت بیشتری داشته باشد سیلاب کم تر رخ خواهد داد ولی باید این موضوع را در نظر گرفت که مناطق گرم و خشک پوشش مناسبی در برابر سیلاب های احتمالی نداشته و با کوچک ترین بارندگی این مناطق کاملا آسیب پذیر هستند.

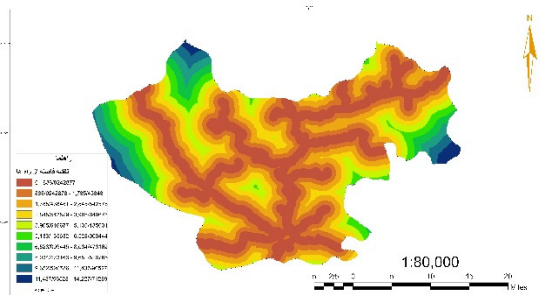
لایه های ارتفاع و شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاع منطقه و لایه های بارندگی و دما بر اساس آمار اخذ شده از ایستگاه های هواشناسی واقع در سطح حوزه و درونبایی در نرم افزار Arc Map، و لایه های فاصله از رودخانه ها و دریاچه و کاربری اراضی از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ منطقه به دست آمد.



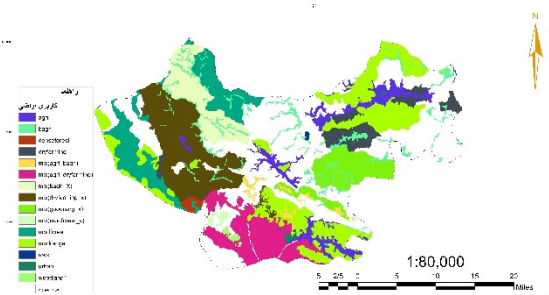
ب



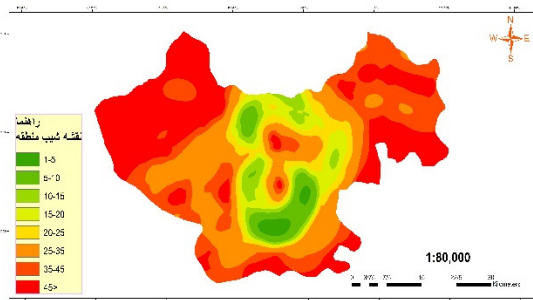
الف



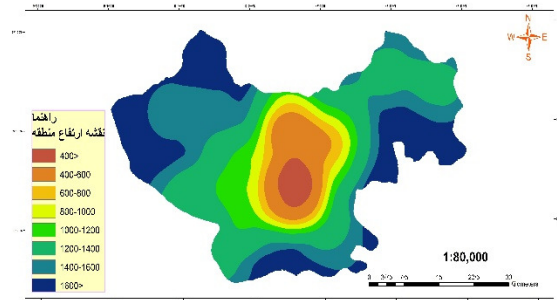
د



ج

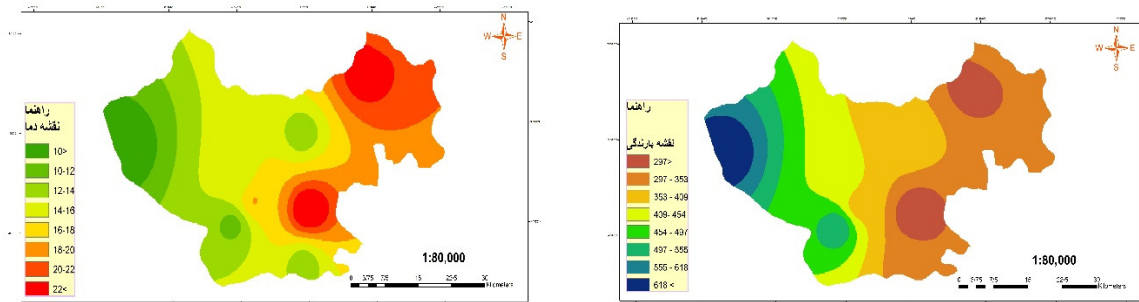


خ



ح





و

ه

شکل ۲- الف) نقشه فاصله از رودخانه ها، ب) نقشه فاصله از دریاچه، ج) نقشه کاربری اراضی منطقه، د) نقشه فاصله از راه ها، ح) نقشه ارتفاع منطقه، خ) نقشه شیب منطقه، ه) نقشه بارندگی منطقه، و) نقشه دما

### مدل تحلیل سلسله مراتبی

فرایند واکاوی سلسله مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است. واژه *AHP* مخفف عبارت *Analytical Hierarchy process* به معنی فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. هدف تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی انتخاب بهترین گزینه براساس معیارهای مختلف از طریق مقایسه زوجی است (Adab et al., 2013). این تکنیک برای وزن دهی به معیارها نیز استفاده می‌شود. چون افزایش تعداد عناصر هر خوشه مقایسه زوجی را دشوار می‌کند بنابراین معمولاً معیارهای تصمیم‌گیری را به زیرمعیارهایی تقسیم می‌کنند. معیار، آن چیزی است که براساس آن انتخاب می‌کنیم. گزینه، آن چیزی است که از میان آن انتخاب می‌کنید (Mahdavi et al., 2012). تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس قضاوت اولیه تصمیم‌گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود، صورت می‌پذیرد و هر گونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجه نهایی به دست آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نرخ ناسازگاری، وسیله‌ای است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد (Mahdavi et al., 2012).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی تحلیلی به عنوان مدل مورد استفاده در وزن دهی معیارها در قالب مقایسات زوجی و بر اساس نظرات کارشناسان اعمال گردید.



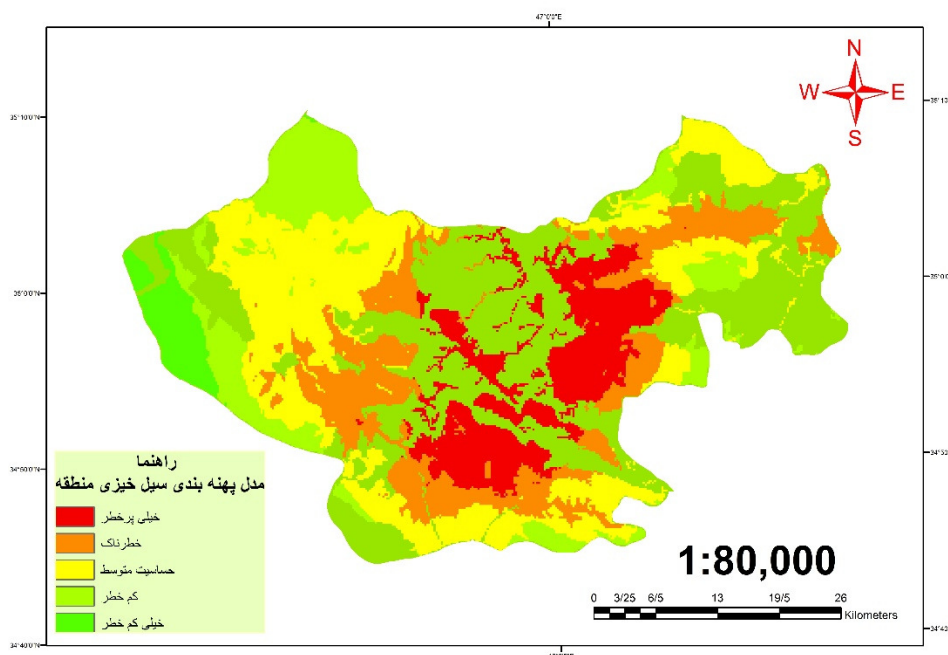
## ارزش گذاری لایه ها ( اولویت بندی )

به منظور تهیه مدل پهنه بندی مناطق مستعد سیل خیزی لازم بود عوامل مؤثر انتخاب شده و ارزش گذاری می شدند (Rasooli et al., 2018). با توجه به نتایج بدست آمده، هر کدام از لایه های اطلاعاتی ایجاد شده نسبت به سیل خیزی دارای ارزشی متفاوت می باشند. بنابراین لایه ها باید نسبت به یکدیگر وزن دهی شده و لایه های دارای اهمیت بیشتر در اولویت قرار گیرند (behzadi et al., 2018). در این مطالعه نیز لایه های کاربری اراضی، بارندگی، دما و حرارت، ارتفاع، فاصله از رودخانه ها، فاصله از دریاچه، فاصله از راه ها و شیب با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تلفیقی از نظرات استادان و متخصصان اداره منابع طبیعی و هواشناسی شهرستان، و با طراحی فرم های پرسش نامه مخصوص ارزش گذاری انجام شد. معمولی ترین روش ارزیابی چند معیاری، روش وزن دهی خطی بوده و یکی از تکنیک های وزن دهی، روش مقایسه دو به دو است. در این روش به هر مشخصه ای وزنی داده می شود (Akay et al., 2017). در این مطالعات نیز برای تعیین وزن نسبی هر لایه از روند مقایسه زوجی به روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در این روش هر لایه ای بطور جداگانه در مقابل سایر مشخصه ها وزن دهی گردید. سپس وزن های نسبی در ماتریس وارد شده و ضریب اهمیت هر لایه جداگانه محاسبه می گردد. به همین جهت در این مطالعه اطلاعات لایه ها تک تک وارد نرم افزار *Expert Choice* شده و در آن ضریب اهمیت هر لایه محاسبه گردید ( جدول ۱).

جدول ۱- معیارها و اوزان مورد استفاده در مدل AHP

وزن معیار	معیار
۰,۲۱۵	فاصله از رودخانه ها
۰,۲۰۲	فاصله از دریاچه
۰,۱۲۴	کاربری اراضی
۰,۱۰۷	ارتفاع منطقه
۰,۱۰۵	شیب
۰,۱۰۳	فاصله از راه ها
۰,۱۰۱	بارندگی
۰,۰۴۳	دما

در نهایت با وارد کردن وزن لایه و زیر لایه ها به دست آمده در اطلاعات توصیفی لایه ها در نرم افزار Arc Map لایه های تلفیقی تهیه و در ادامه با ضرب کردن اهمیت هر کدام از لایه ها در خود لایه ها در بخش Raster Calculator نرم افزار، مدل نهایی پهنه بندی مناطق مستعد سیل خیزی شهرستان در پنج طبقه از مناطق پرخطر تا خیلی کم خطر طبقه بندی و تهیه شد.



شکل ۳ - مدل پهنه بندی مناطق مستعد سیل خیزی شهرستان

### تجزیه و تحلیل مدل

با توجه خروجی مدل و تجزیه و تحلیل هایی که صورت گرفت مشخص شد از کل ۲۰۵۵۳۷ هکتار مساحت شهرستان ۱۲,۷ درصد یعنی معادل ۲۴۶۶۴,۴۴ هکتار را مناطق خیلی پرخطر و حدود ۱۵,۲ درصد مناطق خطرناک معادل ۳۰۸۳۰,۵۵ هکتار را در بر گرفته است که عمدتاً بخش های مرکزی و شمالی شهرستان یعنی در کنار رودخانه گاوورود و سد مخزنی گاوشان را شامل می شود که این خود زنگ خطری برای این مناطق می باشد. حدود ۳۴,۶ درصد منطقه حساسیت متوسط و حدود ۳۷,۵ درصد منطقه در وضعیت کم خطر و خیلی کم خطر (بیش تر بخش های غربی شهرستان) به سیل خیزی قرار داشته که وضعیت نسبتاً خوب منطقه را نمایانگر می شود. ضمناً حدود ۲۷,۹ درصد از مساحت شهرستان در وضعیت خطر قرار دارد که بیش تر از قبل برنامه ریزی و اهتمام مسولین این حوزه را می طلبد. مسلماً با اجرای برنامه ها و پروژه های مختلف شامل احداث سیل بند در مسیر آبراهه ها و رودها (که باعث کنترل رواناب های سطحی حاصل از بارندگی های رگباری شود)، طرح جنگل کاری در حاشیه رودخانه ها و سد های مخزنی ( این گونه جنگلکاری ها قطعاً روز به روز بیش تر جلب توجه کرده و در اولویت

کاری حوزه منابع طبیعی و جهاد کشاورزی خواهد بود)، جلوگیری از قطع درختان و تغییر کاربری اراضی بخصوص اراضی مرتعی (که این گونه پوشش ها خطر سیلاب های رگباری را تا حدود ۹۰ درصد کاهش می دهد) جلوگیری از ساخت وسازهای غیرمجاز در حاشیه رودخانه ها و سدها و بسیاری از عوامل متعدد دیگر می توان خطر وقوع سیلاب را به حداقل رساند.

جدول ۲- مساحت نواحی پهنه بندی شده سیل خیز بر اساس هکتار و درصد

مناطق پهنه بندی	خیلی پرخطر	خطرناک	حساسیت متوسط	کم خطر	خیلی کم خطر
کل منطقه مطابق مدل پهنه بندی (هکتار)	۲۴۶۶۴,۴۴	۳۰۸۳۰,۵۵	۷۱۹۳۷,۹۵	۶۱۶۶۱,۱	۱۶۴۴۲,۹۶
کل منطقه مطابق مدل پهنه بندی (درصد)	۱۲,۷	۱۵,۲	۳۴,۶	۳۰,۲	۷,۳

#### بحث

این تحقیق به منظور شناسایی و پهنه بندی مناطق مستعد سیل خیزی شهرستان کامیاران با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی انجام گردید. در این تحقیق بر اساس نظریات کارشناسان اداره منابع طبیعی و هواشناسی شهرستان چند عامل تاثیر گذار شامل: فاصله از رودخانه ها، فاصله از سد و دریاچه، کاربری اراضی، فاصله از راه ها، ارتفاع منطقه، شیب، بارندگی و دما مورد استفاده قرار گرفت. لایه های ارتفاع و شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاع منطقه و لایه های بارندگی و دما بر اساس آمار اخذ شده از ایستگاه های هواشناسی واقع در سطح حوزه و درونیابی در نرم افزار *Arc Map*، و لایه های فاصله از رودخانه ها و دریاچه و کاربری اراضی از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ منطقه به دست آمد. در این مطالعه لایه های عوامل ذکر شده با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تلفیقی از نظرات استادان گروه جنگل داری و متخصصان اداره کل منابع طبیعی کردستان، و با طراحی فرم های پرسش نامه مخصوص ارزش گذاری انجام شد. به منظور تعیین ضریب اهمیت هر لایه از اطلاعات حاصل از نظرات متخصصان مختلف آتش سوزی جنگل استفاده شد. به همین جهت در این مطالعه اطلاعات لایه ها تک تک وارد نرم افزار *Expert Choice* شده و در آن ضریب اهمیت هر لایه محاسبه گردید. در نهایت با وارد کردن وزن های به دست آمده در اطلاعات توصیفی لایه ها در نرم افزار *Arc Map*، لایه های تلفیقی تهیه و در ادامه با ضرب کردن ضریب اهمیت هر کدام از لایه ها در خود لایه ها در بخش *Raster Calculator* نرم افزار، مدل نهایی پهنه بندی مناطق مستعد سیل خیزی شهرستان در پنج طبقه از منطقه خیلی پرخطر تا خیلی کم خطر طبقه بندی و تهیه شد. با توجه خروجی مدل و تجزیه و تحلیل هایی که صورت گرفته مشخص شد از کل ۲۰۵۵۳۷ هکتار مساحت

شهرستان ۱۲,۷ درصد یعنی معادل ۲۴۶۶۴,۴۴ هکتار را مناطق خیلی پرخطر و حدود ۱۵,۲ درصد مناطق خطرناک معادل ۳۰۸۳۰,۵۵ هکتار را در بر گرفته است که عمدتاً بخش های مرکزی و شمالی شهرستان یعنی در کنار رودخانه گاوورود و سد مخزنی گاوشان را شامل می شود که این خود زنگ خطری برای این مناطق می باشد. حدود ۳۴,۶ درصد منطقه حساسیت متوسط و حدود ۳۷,۵ درصد منطقه در وضعیت کم خطر و خیلی کم خطر (بیش تر بخش های غربی شهرستان) به سیل خیزی قرار داشته که وضعیت نسبتاً خوب منطقه را نمایانگر می شود. ضمناً حدود ۲۷,۹ درصد از مساحت شهرستان در وضعیت خطر قرار دارد که بیش تر از قبل برنامه ریزی و اهتمام مسولین این حوزه را می طلبد.

راهکارها و پیشنهادهای لازم جهت کاهش خطر وقوع سیلاب در این مطالعه:

- احداث سیل بند در مسیر آبراهه ها و رودها
- طرح جنگل کاری در حاشیه رودخانه ها و سد های مخزنی
- جلوگیری از قطع درختان و تغییر کاربری اراضی بخصوص اراضی مرتعی
- جلوگیری از ساخت وسازه های غیرمجاز در حاشیه رودخانه ها و سدها و بسیاری از عوامل متعدد دیگر می توان خطر وقوع سیلاب را به حداقل رساند.

## منابع

- احمدی. امیر، شیران.م، ۱۳۸۸. کاربرد مدل *HEC-HMS* در تحلیل حساسیت متغیرهای ژئومورفولوژی موثر بر سیلاب دشت کرون، جغرافیا و توسعه. شماره ۱۶. صص ۱۵۳-۱۷۳.
- احمد زاده. حسن، سعید آبادی. رشید و نوری. الهه، ۱۳۹۴. بررسی و پهنه بندی مناطق مستعد به وقوع سیل با تاکید بر سیلاب های شهری (مطالعه موردی: شهر ماکو). فصلنامه هیدروژئومورفولوژی، ۱-۲۴.
- بهشتی. م، فیض نیا. س، سلاجقه. ع، ۱۳۸۸. بررسی کارایی پهنه بندی زمین لغزش فاکتور اطمینان: مطالعه موردی حوزه آبخیز معلم کلابه، فصلنامه جغرافیایی طبیعی، شماره ۵، صص ۲۰-۳۲- لارستان
- حسین زاده. سیدرضا و جهادی طرقي. مهناز، ۱۳۸۶. اثرات گسترش شهر مهشد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب های شهری، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۱، پاییز ۱۴۵-۱۵۹.
- حسین زاده، م. م.، س. متش بیرانوند و ا. حسینی اصل. 1392. شبیه سازی سیلاب رودخانه کشکان. مجله سنجش از دور و GIS ایران (1): 5، 71-84

زینی وند، ح، م. خ. ضیاءتبار احمدی و ع. تلوری. 1385. پهنه بندی سیل با به کارگیری نرم افزار (HEC-RAS) در دشت سیلابی سیلاخور بروجرد. مجله منابع طبیعی ایران، 5 (1)، 14-1.

صفاری. امیر، ساسان پور. فرزانه و موسی وند. جعفر، 1390. ارزیابی آسیب پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی مطالعه موردی: منطقه 3 تهران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره 20، صص 129-150.

غلامی. محمد و احمدی. مهدی، 1398. ریز پهنه بندی خطر سیلاب در شهر لامرد با استفاده از GIS، AHP و منطق فازی. مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیستم، صص 101-114.

قنوتی. ع، کرم، ا. علیخانی. م، 1390. کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی در مطالعات سیل خیزی، نشریه علمی پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران. شماره 31. صص 255-275.

موسوی. سیده معصومه، نگهبان. سعید، رخشانی مقدم. حیدر و حسین زاده. سید محسن، 1395. ارزیابی و پهنه بندی خطر سیل خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغملک). مجله مخاطرات محیط طبیعی، شماره 5. صص 79-98.

نظافتی نمین. فردین و خوش ولد. ندا، 1395. آنالیز ویژگی های سیلاب های شهری یا الخلوچای اردبیل با دوره بازگشت مختلف. دومین کنفرانس بین المللی یافته های نوین علوک و تکنولوژی، قم، مرکز مطالعات و تحقیقات اسلامی سروش حکمت مرتضوی.

نسرین نژاد، ن، ک. رنگزن، ن. کلانتری و ع. صابری. 1393. پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبریز باغان با استفاده از نشریه سنجش از دور و (FAHP). روش سلسله مراتبی فازی سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، 5 (4): 15-34.

*Akay, A. E. and Erdoğ an, A., 2017. A GIS based multi criteria decision analysis for forest fire risk mapping. Remote sensing and spatial information sciences conference, 14-15 October, Safranbolu, Karabuk, Turkey.*

*Adab, H., Kanniah, K.D. & Solaimani, K. (2013). Modeling Forest Fire Risk in the Northeast of Iran Using Remote Sensing and GIS Techniques. Nat Hazards 65 (3): 1723-1743.*

*Behzadi, H., Mohtashamnya, S. And gharadagi, H. 2018. Rangeland and forest fire risk zoning using Gis and AHP model (Case Study: Bemo National Park).*

*Fernández, D.S., Lutz, M.A. (2010), Urban Flood Hazard Zoning in Tucumán Province, Argentina, Using GIS and Multicriteria Decision Analysis, Engineering Geology, 111(1-4), 90-98.*

*Greenwood, J.B., G. Schoups, E.d. Campbell and N.J.L. Patrick. 2014. Bayesian scrutiny of simple rainfall-runoff models used in forest water management. Journal of Hydrology, 512: 344-365.*

*Huang, P.H. (2014), Sustainable Urban Community Development: A case study of flood design in Snoqualmie, WA, USA, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Urban Planning, University of Washington, Department of Urban Design and Planning.*

*Kheyrizadeh, M., J. Maleki and H. Amounia. 2012. Flood hazard zoning using ANP model in watershed, case study: Mardaghchay Watershed. Quantitative Geomorphological Researches, 3: 39-56 (in Persian).*

*Mohammad Esmaeil, Z. 2011. Monitoring land use changes in Karaj using remote sensing. Soil and Water Research Institute (Soil and Water Sciences), 24: 81-88 (in Persian).*

*Mahdavi, A, Fallahshamsi, SR & Nazari, R 2012, Forests and rangeland wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques. Caspian Journal of Environmental Sciences, 10: 43-52.*

*Rasooli S.B.I, Bonyad A.E. And Bavaghar M. 2018. Forest fire vulnerability map using remote sensing data, GIS and AHP analysis (Case study: Zarivar Lake surrounding area). Caspian J. Environ. Sci. Vol. 16 No. 4 pp. 369~377.*

*Sharma, c, Mukund, d, Atmaram, m And Sudhindra, N., 2011, Assessing Flood induced land-cover changes using remote sensing and fuzzy approach in eastern Gujarat (india). Water Resources Management. 25: 3219-3246.*

*Su, w., Ye, G., Yao, S., Yang, G. (2014), Urban Land Pattern Impacts on Floods in a New District of China, Sustainability, 6(10), 6488-6508.*

*Tehrany Shafapour, M., B. Pradhan and M.N. Jebur. 2014. Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS. Journal of Hydrology, 512: 332-343.*

*Tehrany Shafapour, M., B. Pradhan and M.N. Jebur. 2013. Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based Decision Tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. Journal of Hydrology, 504: 69-79.*

*Watanabe Y, Kawahara Y. 2016. UAV photogrammetry for monitoring changes in river topography and vegetation. Procedia Engineering, 154: 317-325*